

У статті розглянуті методи та способи прогнозування побутового електронавантаження

УДК 631.371.621

**В.Д.Стрижак**, к.т.н., проф.,  
Кременчуцький політехнічний державний  
університет ім. М. Остроградського  
**О.М.Балахонов**, к.т.н., доц.,  
**М.М.Вітренко**, ст. викл.  
**О.В.Сотнік**, асистент  
Харківський національний технічний уні-  
верситет сільського господарства ім. П.  
Василенка

## ПРОГНОЗУВАННЯ СІЛЬСЬКОГО ПОБУТОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СПОЖИВАННЯ

**Вступ.** Інформація про сільське побутове електроспоживання має статистичний характер, так як очікувані повідомлення можуть і не надійти, тобто вся ситуація має випадковий характер. Кількісна інформація про електричне навантаження є основою раціонального вирішення практично всього комплексу задач, пов'язаних із проектуванням сільських побутових електричних мереж і експлуатацією їх обладнання.

**Мета роботи.** Основною метою роботи є створення такого алгоритму, реалізація якого на обчислювальній техніці дозволила б прогнозувати розрахункове електричне навантаження низьковольтних побутових ліній на необхідний перспективний період часу.

**Матеріал і результати дослідження.** Побутове навантаження сільських низьковольтних мереж являє собою змінну і ніколи неповторювану випадкову величину, яка складається із навантажень великої кількості залежно і незалежно увімкнених приймачів. Тоді до формування загального навантаження однієї лінії, або трансформатора в цілому можна застосувати схему незалежних випробувань і властивості адитивності. В цьому випадку ефективне число електричних приймачів ( $m$ ), які одночасно беруть участь у навантаженні, визначається із біноміноміального закону розподілення.

У фіксований момент часу групове навантаження створюється сумою окремих навантажень, випадково увімкнених  $m$  електроприймачів

$$P(t) = \sum_{i=1}^m P_i(t) \quad (1)$$

У зв'язку з тим, що навантаження змінюється в часі,  $P_i(t)$  є випадковими функціями, а  $P(t)$  - сума випадкових функцій.

При максимальному розподіленні максимальне повне навантаження можна записати у вигляді двох складових

$$S_m = \bar{S} + t\sigma \quad (2)$$

де  $\bar{S}$  - середнє значення максимального навантаження;

$\sigma$  - середньо квадратичне відхилення навантаження;

$t$  - кратність міри розсіювання.

Середнє значення максимального навантаження є його ймовірністю максимальних значень за деякий інтервал часу, в існуючих методах визначається шляхом помноження номінальних потужностей електроприймачів на відповідні їм коефіцієнти попиту.

Середнє значення максимальної потужності приймаємо рівним сумарному тридцятихвилинному навантаженні середнього числа (математичного сподівання)  $m$  приймачів, які беруть участь у максимумі загального навантаження

$$\bar{S} = S_{30} \cdot m \quad (3)$$

Для одного виду електроприладів (що мають однакову ймовірність участі в максимумі навантаження)

$$\bar{m} = n \cdot \bar{p} \quad (4)$$

де  $n$  – загальна кількість одного виду електроприладів;

$\bar{p}$  – середня ймовірність участі електроприладу в максимумі навантаження.

Дисперсія числа  $m$

$$\sigma_m^2 = npq, q = 1 - p \quad (5)$$

Середнє навантаження

$$\bar{S} = S_{30} \cdot pn \quad (6)$$

Дисперсія середнього навантаження

$$\sigma_{\bar{S}}^2 = S_{30}^2 \cdot np(1 - p) \quad (7)$$

Для розрахунку ймовірного максимуму навантаження, створеного побутовими електроприймачами, використовується наявність приладів різних видів і різних типів кожного виду.

Середнє навантаження від  $j$  різних типів одного виду приладів

$$\bar{S} = \sum_{j=1}^k S_{bj} n_j p \quad (8)$$

де  $S_{bj}$  – увімкнена потужність однотипових приладів;

$n_j$  – кількість однотипових приладів;

$k$  – число усіх можливих приладів.

Відповідно

$$\sigma_{\bar{S}}^2 = \sum_{j=1}^k S_{bj}^2 \cdot n_j p(1 - p) \quad (9)$$

Загальне середнє навантаження різних видів електричних приймачів кожного типу

$$\bar{S} = \sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^k S_{bji} n_{ji} p_i \quad (10)$$

де  $n$  – число усіх можливих видів електроспоживачів.

Відповідно

$$\sigma_s^2 = \sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^K S_{bj}^2 \cdot n_{ji} p_i (1 - p_i) \quad (11)$$

Підставимо значення середнього та середньоквадратичного відхилення навантаження в (2) і одержимо загальну форму побутового навантаження

$$S_m = \sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^K S_{bj}^2 \cdot n_{ji} p_i + t \sqrt{\sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^K S_{bji}^2 n_{ji} p_i (1 - p_i)} \quad (12)$$

Для практичного використання формули (12) приймаємо такі припущення:

1. В низьковольтних побутових електромережах, які експлуатуються, важко визначити окремі потужності різних типів одного виду електроприймачів, відімкнених до однієї лінії. У цих випадках сумарну потужність усіх типів одного виду приладів можна визначити приблизно приймаючи

$$\sum_{j=1}^K S_{bj} \cdot n_i = \bar{S}_b \cdot n \quad (13)$$

де  $\bar{S}$  - середні потужності різних типів одного виду електроприймачів;

$n$  – кількість одного виду електроприймачів.

Значення кратності міри розсіювання може коливатися від одиниці до трьох [1]. Для технічних розрахунків з деяким запасом застосовується  $t=2,5$ , щоб максимальне навантаження із ймовірністю 0,995 не перевищувало  $\bar{S} + t\sigma$ . Тоді з урахуванням (13) діюче навантаження буде

$$S_m = \sum_{i=1}^n \bar{S}_{bj} n_i p_i + 2,5 \sqrt{\sum_{j=1}^K \bar{S}_{bi}^2 \cdot n_i \cdot p_i (1 - p_i)} \quad (14)$$

2. Для житлового сільського будівництва, де загальна кількість окремих видів електроприймачів невідома, можна його приблизно визначити, виходячи із кількості  $N$  будинків, розташованих в зоні даної низьковольтної лінії, і їх забезпеченості  $H$  даними електроприймачами

$$n = NH \quad (15)$$

Розрахункове електричне навантаження на одну низьковольтну лінію при цьому в залежності від числа будинків буде

$$S_m = N \cdot \sum_{i=1}^n \bar{S}_{bi} H_i p_i + 2,5 \sqrt{N \cdot \sum_{j=1}^K \bar{S}_{bi}^2 \cdot H_i \cdot p_i (1 - p_i)} \quad (16)$$

Вираз (16) являє собою ймовірну модель зміни максимальної потужності в залежності від параметрів.

### Висновки

Маючи дані увімкненої потужності, середньої насиченості та ймовірності участі електричних приймачів у максимумі навантаження, можна на необхідний перспективний період часу, за алгоритмом (14), прогнозувати розрахункове навантаження низьковольтних ліній.

### Література

1. Бабак В.П., Білецький А.Я., Приставка О.П. Основи теорії ймовірності та математичної статистики. Навч. посібник для інж.-техн. та прикл. спец. ВУЗів. – К.:КВІЦ, 2003. – 431с.

---

---

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОГО БЫТОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ

В.Д. Стрижак, О.М. Балахонов, М.М. Витренко, О.В. Сотник

*В статье рассмотрены методы и способы прогнозирования бытового электропотребления.*

### FORECAST OF HOUSEHOLD ELECTRIC USER

V.D. Strijak, O.M. Balahonov, M.M. Vitrenko, O.V. Sotnik

*In the article are considered methods and ways of forecasting of household electric loadings*